



Attorney Docket No. 04329.2688  
Customer Number 22,852

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Miyoko SHIMADA et al.

Serial No.: 09/982,003

Filed: October 19, 2001

For: METHOD OF MANUFACTURING  
SEMICONDUCTOR DEVICE

)  
)  
) Group Art Unit: 2812  
)  
) Examiner:  
)  
)  
)  
)

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

**CLAIM FOR PRIORITY**

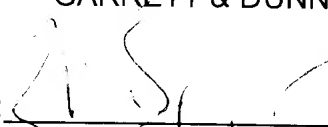
Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Application Nos. 2000-320680, 2001-098182, 2001-098183 and 2001-321448, filed October 20, 2000, March 30, 2001, March 30, 2001 and October 19, 2001, respectively, for the above-identified U.S. patent application.

In support of these claims for priorities, enclosed are four certified copies of the priority application.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,  
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: January 18, 2002

By:   
Richard V. Burgujian  
Reg. No. 31,744

FINNEGAN  
HENDERSON  
FARABOW  
GARRETT &  
DUNNER LLP

1300 I Street, NW  
Washington, DC 20005  
202.408.4000  
Fax 202.408.4400  
www.finnegan.com

RVB/FPD/bl  
Enclosures



本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-320680

出 願 人

Applicant(s):

株式会社東芝

2001年11月 2日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3097092

【書類名】 特許願

【整理番号】 4HB0050031

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/31

【発明の名称】 絶縁膜とその形成方法およびこの絶縁膜を用いた半導体装置とその製造方法

【請求項の数】 15

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 松山 日出人

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 島田 美代子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 中田 鍊平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 蓮沼 正彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 宮島 秀史

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝

マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 奥村 勝弥

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100083161

【弁理士】

【氏名又は名称】 外川 英明

【電話番号】 (03)3457-2512

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010261

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 絶縁膜とその形成方法およびこの絶縁膜を用いた半導体装置とその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理物上に絶縁膜を形成する方法において、前記被処理物上に前記絶縁膜を構成する物質の前駆体もしくは膜材料を含む絶縁膜原料を塗布する第 1 の工程と、前記被処理物を加熱しながら、前記絶縁膜原料に電子線を照射する第 2 の工程とを含むことを特徴とする絶縁膜の形成方法。

【請求項 2】 前記第 2 の工程において、前記絶縁膜原料に前記電子線の照射線量が  $500 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  以上を照射することを特徴とする請求項 1 の絶縁膜の形成方法。

【請求項 3】 前記第 2 の工程において、前記被処理物の加熱温度が  $200^\circ\text{C}$  以上  $500^\circ\text{C}$  未満であることを特徴とする請求項 1 の絶縁膜の形成方法。

【請求項 4】 前記第 2 の工程における雰囲気物が、酸素濃度が 0.05% 以下の窒素ガスまたは希ガスまたは窒素ガスと希ガスの混合ガスであることを特徴とする請求項 1 の絶縁膜の形成方法。

【請求項 5】 前記第 2 の工程における雰囲気物が減圧雰囲気であることを特徴とする請求項 1 の絶縁膜の形成方法。

【請求項 6】 前記絶縁膜は有機シリコン酸化膜からなることを特徴とする請求項 1 の絶縁膜の形成方法

【請求項 7】 被処理物上に形成される絶縁膜において、フーリエ変換赤外分光法の測定により、前記絶縁膜中の Si-O 結合のスペクトル強度面積を 1 とした場合に

Si-CH<sub>3</sub> 結合のスペクトル強度面積比が 0.01 以上から 0.03 以下でかつ、H<sub>2</sub>O および Si-OH 結合のスペクトル強度面積比が 0.001 以下であり、かつ比誘電率が 3.5 以下であり、かつ耐クラック膜厚が  $1.5 \mu\text{m}$  以上であることを特徴とするポリメチルシロキサン膜を含む絶縁膜。

【請求項 8】 半導体基板上に形成される絶縁膜を介して少なくとも 1 層の導体層からなる配線構造を有する半導体装置において、フーリエ変換赤外分光法の測定により、前記絶縁膜中の Si-O 結合のスペクトル強度面積を 1 とした場合に Si-

CH<sub>3</sub>結合のスペクトル強度面積比が0.01以上から0.03以下でかつ、H<sub>2</sub>OおよびSi-OH結合のスペクトル強度面積比が0.001以下であり、かつ比誘電率が3.5以下であり、かつ耐クラック膜厚が1.5 $\mu$ m以上であることを特徴とするポリメチルシロキサン膜からなる絶縁膜を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項9】半導体基板上に絶縁膜を介して少なくとも1層の導体層からなる配線構造を有する半導体装置の製造方法において、前記絶縁膜を構成する物質の前駆体もしくは膜材料を含む絶縁膜原料を塗布する工程と、前記半導体基板を加熱しつつ、前記絶縁膜原料に電子線を照射して前記半導体基板上に絶縁膜を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項10】半導体基板上に層間絶縁膜を介して少なくとも1層の導体層からなる配線構造を有する半導体装置の製造方法において、層間絶縁膜を構成する物質の前駆体もしくは膜材料を含む層間絶縁膜原料を塗布する第1の工程と、前記半導体基板を加熱しつつ、前記層間絶縁膜原料に電子線を照射し、前記半導体基板上に層間絶縁膜を形成する第2の工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項11】前記第2の工程における雰囲気、酸素濃度が0.05%以下の窒素ガスまたは希ガスまたは窒素ガスと希ガスの混合ガスであることを特徴とする請求項10の半導体装置の製造方法。

【請求項12】前記第2の工程における雰囲気が減圧雰囲気であることを特徴とする請求項10の半導体装置の製造方法。

【請求項13】前記第2の工程において、前記層間絶縁膜原料に前記電子線の照射線量が500 $\mu$ C/cm<sup>2</sup>以上を照射することを特徴とする請求項10の半導体装置の製造方法。

【請求項14】前記第2の工程において、前記半導体基板の加熱温度が200℃以上500℃未満であることを特徴とする請求項10の半導体装置の製造方法。

【請求項15】前記層間絶縁膜がポリメチルシロキサン膜からなることを特徴とする請求項10の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、絶縁膜とその形成方法に係り、さらに詳細には低誘電率でかつ機械的強度の高いことを特徴とする絶縁膜を有する半導体装置およびその製造方法に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

半導体素子の微細化によって配線寸法が小さくなるのに伴い、配線間容量が増加しデバイスの動作速度に大きな影響を与えるようになってきている。従来、半導体装置の層間絶縁層として熱CVDやプラズマCVDで形成したシリコン酸化膜が用いられてきたが、近年、配線間容量を低減するために、有機シリコン酸化膜やシリコンを含まない有機膜などの材料からなる低誘電率膜を層間絶縁膜に適用することが要求されている。従来のプラズマCVDで得られた一般的なシリコン酸化膜 ( $\text{P-SiO}_2$ ) の比誘電率が4.1程度、また、これにフッ素 (F) を添加して低誘電率化したシリコン酸化膜 (FSG) が3.3であり、これが熱CVDやプラズマCVDで生成した絶縁膜の限界であった。

## 【 0 0 0 3 】

これに対し、上記有機シリコン膜などの低誘電率膜を用いることによって、比誘電率2.4~2.8程度を実現できる。ただし、これら低誘電率膜の実用化には多々の問題があるのが現状である。その内の重大な問題点として、膜の機械的強度が低いことが挙げられる。これによって成膜中および後において膜にクラック（ひび割れ）が生じたり、CMP工程で剥離が発生したりすることで、信頼性の高い配線を作ることが困難であった。

## 【 0 0 0 4 】

これらの有機シリコン酸化膜や有機膜のほとんどは塗布によって膜が形成される。塗布膜による膜の形成方法は所望の膜を構成する物質の前駆体を溶媒に溶解させたワニスと呼ばれる液状原料を基板に塗布した後、これを加熱して溶媒の揮発と前駆体の架橋を行って薄膜を形成するものである。

## 【 0 0 0 5 】

ここで、前駆体とは着目する生成物の前の段階にある一連の物質を指し、一般的には1つ前の段階の物質を指して言う。

## 【0006】

次に、具体的な従来の塗布膜による絶縁膜の形成方法のシーケンスを以下に述べる。

## 【0007】

工程 a : スピンコートにてワニスを被処理基板上に塗布

工程 b : ホットプレート、80℃、1分間の熱処理

工程 c : ホットプレート、200℃、1分間の熱処理

工程 d : ホットプレート、450℃、窒素雰囲気中、30分間の熱処理

被処理基板上に、溶媒にポリメチルシロキサンを溶解させたワニスを、コーターを用いてスピンコート塗布する（工程 a）。次にこの基板を80℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（工程 b）。続いてこの基板を200℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（工程 c）。最後に450℃に保持したホットプレートで窒素雰囲気中において30分間の熱処理を行い（工程 d）、絶縁膜を形成する。

## 【0008】

上記において、工程 b と c が溶媒揮発による膜材料の固定化の役割を、そして工程 d がポリメチルシロキサン分子間の架橋形成の役割を担っている。

## 【0009】

上記形成方法によって形成された絶縁膜の特性を以下に述べる。

## 【0010】

一般的にこのような絶縁膜は低誘電率ではあるが、密度が低く、かつ（または）空孔度が高いためその機械的強度が低いという欠点を持っている。

## 【0011】

さらに、膜の比誘電率が低いほど膜の空孔度が高く、密度が低いため機械的強度は低くなる傾向にある。このような機械的強度が低い膜を上記のような方法で形成した場合には、ある一定以上の厚さでクラック（ひび割れ）が生じるという問題が起こる。クラックを発生しない限界の厚さを耐クラック膜厚と言う。



## 【 0 0 1 2 】

ここで、半導体装置の層間絶縁膜の特性としては、比誘電率が低いほど、かつ耐クラック膜厚が大きいほど良質な膜である。上述した従来の形成方法によって形成したポリメチルシロキサン膜は、比誘電率が2.8の時に、耐クラック膜厚が12000Åであり、絶縁膜、特に半導体装置の層間絶縁膜の特性としては十分なものではなかった。

## 【 0 0 1 3 】

ここで、従来の形成方法によって形成された低誘電率の絶縁膜にクラックを生ぜしめる要因を以下に示す。クラックが生じる要因は、力学的強度が低い膜に対し架橋反応の際の膜収縮による内部応力が生ずることと、膜形成時に熱ストレスが加えられることにある。

## 【 0 0 1 4 】

例えば上記ポリメチルシロキサン膜の場合は、脱水縮合によって架橋反応が起こるため、その反応時に膜収縮が起こりこれが成膜後の膜の残留応力となる。また、熱処理による架橋反応では材料が熱膨張している状態で膜収縮が起こっているため、この膜を室温まで冷却した場合には降温による収縮が加わり、膜の残留応力はさらに大きくなる。これに加え、昇降温に加わっている熱ストレスは架橋欠陥や空孔度増加の原因となり、もともと脆弱である膜の機械的強度をさらに弱めている。

## 【 0 0 1 5 】

さらに最近では、塗布膜を硬化させる方法として、例えば特開平10-303190号公報等では、樹脂を塗布し、溶媒を一部揮発させ、室温程度で高いエネルギー線を照射させて硬化させ、さらに高温で熱処理することにより、被膜平坦化性に優れた電気絶縁膜を提供するという出願が出されている。

## 【 0 0 1 6 】

しかし上記出願では、被膜平坦化性に優れたシリカ（シリコン酸化膜）を形成するために165kVもの高いエネルギーの高エネルギー線を照射しており、このような高いエネルギーの高エネルギー線では塗布膜を硬化させているのみ作用であり、塗布膜中の前駆体の構造のネットワークを変形させるものではない。

【0017】

つまり、このような高いエネルギーの高エネルギー線では、高エネルギー線により形成される膜の低誘電率化、さらに所望の機械的強度を得ることはできない。さらにこの上記出願には膜の低誘電率化等については、記載も示唆もない。

【0018】

以上のように、従来の形成方法のような方法を用いて低誘電率の絶縁膜の形成を行った場合には、残留応力が大きくかつ機械的強度も弱まる傾向にあるため、クラック発生という観点では不利な方向に働いている。よって、従来の形成方法による絶縁膜形成では、耐クラック膜厚を向上させ、機械的強度をあげることは限界があると考えられ、他の方法による絶縁膜の形成が望まれていた。

【0019】

さらに、熱処理工程のみ、および電子照射のみによる絶縁膜の形成では、低分子成分の架橋反応が終了するまでに要する時間が長いことも問題として挙げられる。例えば、低分子成分の架橋反応が終了するのに30分から1時間程度の時間を必要とする。また、塗布膜の加熱には、加熱雰囲気の制御性及び、基板処理の均一性の面からホットプレートを用いることが望まれる。

【0020】

しかし、ホットプレートを用いると、基板一枚ずつの処理となり、各々に処理時間が30分から1時間を要するので、生産効率の低下を生じる。したがって、短時間で架橋反応を終了させることができる他の方法による絶縁膜の形成が望まれている。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、低誘電率膜でかつ、機械的強度が高い絶縁膜とその形成方法およびその絶縁膜を使用した半導体装置とその製造方法を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の絶縁膜の形成方法は、被処理物上に絶縁膜を構成する物質の前駆体もしくは膜材料を含む絶縁膜原料を塗布し、この被処理基板を

加熱しつつ、絶縁膜原料に電子線を照射することを特徴とするものである。このように絶縁膜原料を被処理物上に塗布して、この被処理物を加熱させつつ、絶縁膜原料に電子線を照射することにより、低誘電率でかつ機械的強度の高い絶縁膜を形成することが可能になる。

#### 【 0 0 2 3 】

また、上記目的を達成する本発明の絶縁膜はフーリエ変換赤外分光法による測定方法において、この絶縁膜中のSi-O結合のスペクトル強度面積に対するSi-CH<sub>3</sub>結合のスペクトル強度面積が0.01以上0.03以下であり、かつH<sub>2</sub>OおよびSi-OH結合のスペクトル強度面積比が0.001以下であるポリメチルシロキサン膜を含むことを特徴とする。このように絶縁膜中のSi-O結合のスペクトル強度面積に対するSi-CH<sub>3</sub>結合かつ、H<sub>2</sub>OおよびSi-OH結合のスペクトル強度面積を特定値に抑えることによって、比誘電率が3.5以下であり、かつ耐クラック膜厚が1.5 $\mu$ m以上の低誘電率でかつ機械的強度の高い絶縁膜を形成することが可能になる。

また、上記目的を達成する本発明の半導体装置は、半導体基板上に絶縁膜を介して少なくとも1層の導体層からなる配線構造を有しており、この絶縁膜をフーリエ変換赤外分光法の測定で、この絶縁膜中のSi-O結合のスペクトル強度面積を1とした場合にSi-CH<sub>3</sub>結合のスペクトル強度面積比が0.01以上から0.03以下でかつ、H<sub>2</sub>OおよびSi-OH結合のスペクトル強度面積比が0.001以下であることを特徴とするポリメチルシロキサン膜からなる絶縁膜を有することにより、比誘電率が3.5以下であり、かつ耐クラック膜厚が1.5 $\mu$ m以上の低誘電率でかつ機械的強度の高い絶縁膜を含む半導体装置を製造することが可能である。

#### 【 0 0 2 4 】

また、上記目的を達成する本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板上の絶縁膜を構成する前駆体もしくは膜材料を含む絶縁膜原料を塗布し、この半導体基板を加熱しつつ、絶縁膜原料に電子線を照射することを特徴とするものである。このように絶縁膜原料を半導体基板上に塗布して、基板を加熱させつつ、絶縁膜原料に電子線を照射することにより、低誘電率でかつ機械的強度の高い絶縁膜を含む半導体装置を製造することが可能になる。

## 【 0 0 2 5 】

さらに上記目的を達成する本発明の他の半導体装置の製造方法は、半導体基板上に層間絶縁膜を介して少なくとも1層の導電層からなる配線構造を有しており、この層間絶縁膜を構成する物質の前駆体もしくは膜材料を含む層間絶縁膜原料を塗布し、この半導体基板をある所定の温度で加熱しつつ、層間絶縁膜原料に電子線を照射することを特徴とするものである。このように層間絶縁膜原料を半導体基板上に塗布して、基板を加熱させつつ、層間絶縁膜原料に電子線を照射することにより、低誘電率でかつ機械的強度の高い絶縁膜を形成することが可能になる。

## 【 0 0 2 6 】

## 【発明の実施の形態】

次に、本発明による絶縁膜の形成方法について述べる。

## 【 0 0 2 7 】

本発明では、膜形成について熱処理とともに電子線照射処理を用いる。つまりは、膜材料もしくはその前駆体を溶媒に溶解させた液状原料（ワニス）を基板へ塗布した後、この基板に対し、熱処理工程と電子線照射処理工程を組み合わせる。下記に本発明による典型的な処理工程のシーケンスを示す。

## 【 0 0 2 8 】

- 〔シーケンス1〕 工程1：塗布工程
- 工程2：熱処理＋電子線照射処理工程
- 〔シーケンス2〕 工程1：塗布工程
- 工程2：熱処理＋電子線照射処理工程
- 工程3：熱処理

次に、絶縁膜の形成における電子線照射を用いた場合の作用について述べる。膜材料に対してエネルギーを与える形態として、熱処理と比較して電子線には以下のような特徴がある。まず、膜材料に対し、電子線は熱処理よりも桁違いに大きなエネルギーを与えることができる。

## 【 0 0 2 9 】

熱処理が与えるエネルギーは高々数eVかそれ以下なのに対し、一般的に照射処

理等用いられる電子線は5keV~200keVのエネルギーを持っている。無論、材料内に進入した電子線は衝突によるカスケードを起こし2次電子やX線などを発生しながらエネルギーロスをするため、上記のエネルギーの全てが直接反応に関与できるわけではないが、熱処理が与えることのできるエネルギーと比べると桁違いに大きいことには変わりない。

## 【0030】

熱処理では不可能なエネルギーを膜材料に与えることによって、材料の高分子の架橋反応を効果的に進めたり、また逆に熱エネルギーでは切断できない分子鎖や基を切断することができる。電子線照射を行った場合、一般的に、分子間の架橋反応と分子鎖の切断や基の分離は同時に起こる。どちらがどのような割合で起こるかは材料分子の種類に依存する。

## 【0031】

さらに電子線照射と熱処理を組み合わせることにより、分子鎖の切断や基の分離が起こった場合にも、切断点が新たな架橋点となりさらに架橋が進む。

## 【0032】

以上のように、電子線照射を用いることで、熱処理のみでは実現できないような膜材料の分子間の架橋反応や分子鎖の切断や基の分離を行うことができる。

## 【0033】

上述した電子線照射の作用をふまえ、電子線照射工程による低誘電率の絶縁膜の形成に用いた場合の効果について述べる。電子線照射による架橋反応では、高エネルギーが与えられるため効果的に架橋反応が促進される。

## 【0034】

さらに、電子線照射による低温での効果的な架橋反応が可能となり、昇降温の熱ストレスも加わらないので架橋欠陥や空孔度を増加することがなく、機械的強度が高い膜が形成される。また分子構造の観点から、電子線照射処理により、熱処理による架橋とは異なる架橋点での架橋が可能となるため、熱処理では得られない機械的強度の高い分子構造が生成されることが考えられる。

## 【0035】

しかしながら、さらに実験を進めていく上で、電子線照射のみ（低温、例えば

、室温での電子線照射)で形成された低誘電率の絶縁膜が十分な機械的強度が得られていないことがわかった。つまり、電子線照射のみでは、分子鎖の切断や基の分離は促進されるが、ある架橋反応については充分に行われず、電子線照射のみの低誘電率の絶縁膜の形成方法では、所望の機械的強度が得られないことがわかった。この原因については実施例 1 で詳しく説明する。

#### 【0036】

そこで、本発明では、電子線照射工程と熱処理工程を組み合わせることによって効果的に低誘電率で機械強度の高い絶縁膜を得る方法を見出した。本発明の説明を最も簡単に基本的な形態である上述したシーケンス 1 を用いて述べる。シーケンス 1 では液状原料を基板に塗布した後、熱処理工程を施すと同時に、塗布された原料に、電子線照射する。

#### 【0037】

この電子照射によって塗布された膜は、膜材料の分子鎖の切断や基の分離が起こり、さらに組み合わせて使用される熱処理により架橋反応が促進され、電子照射による切断や分離との関係の調整がとれる。膜材料中には機械的強度の高い高分子成分が生成され、そのネットワークによって膜の骨組みが作られる。このネットワークによって耐クラック耐性が向上する。

#### 【0038】

ここでは、架橋と同時に起こっている分子鎖の切断や基の分離が進みすぎないように、適正な線量のみを照射することが重要である。次にシーケンス 2 では、このシーケンス 1 の後にこの基板に熱処理工程を施す。昇温時には熱ストレスが加わるが、機械的強度が高い高分子成分による強固ネットワークがあるため、架橋欠陥や空孔の発生は従来よりも低く抑制される。

#### 【0039】

さらにこの熱処理工程では、半導体装置の層間絶縁膜等に使用した場合には、電子線照射による半導体素子のゲート絶縁膜に入ったダメージを回復するという効果もある。

#### 【0040】

上記説明では、最も簡単なシーケンス 1、2 を用いて説明したが、多くの塗

布材料の場合、電子線照射処理の前に熱処理工程を入れ、溶媒揮発による膜材料の固定化を積極的に行った方が良好な絶縁膜の形成を行うことができる場合が多い。

【0041】

次に具体的な本発明の実施例について図1から図8を用いて詳細に説明する。

【0042】

[実施例1]

本発明を用いた絶縁膜の形成方法を半導体装置の層間絶縁膜に適用した第1の実施例を以下に示す。

【0043】

先ず図1(a)に示すように、半導体基板1の表面に下地絶縁膜2を形成する。次に下地絶縁膜2上に金属層(アルミニウム等)を形成し、所望のパターンで第1の配線3a、3b、3cを形成する。

【0044】

次に図1(b)に示すように第1の配線3a、3b、3cの上に絶縁膜層4を形成する。

【0045】

次に図1(c)に示すように絶縁膜4の表面をフォトリソでマスクして、例えば、第1の配線3a、3b、3c上の絶縁層4を選択エッチングすることにより、第1の配線3a、3b、3cにそれぞれに達するスルーホールを設けた後、このスルーホール内面と絶縁膜4の表面に金属(アルミニウム等)をスパッタリングして導電層を形成し、これをエッチバックすることにより絶縁膜4が露出するまでエッチバックする。それで上記スルーホール内に層間配線5を残存させる。

【0046】

次いで図1(d)に示すように、第1の配線3a、3b、3c及び絶縁層4を形成したと同様の方法で、エッチバックされた表面上にそれぞれ、第2の配線6a、6b、6c及び絶縁層7を形成する。

【0047】

このように、下地絶縁膜層2および層間の絶縁膜4、7によって半導体基板及び、第1の配線3a、3b、3c及び第2の配線6a、6b、6cを電氣的に絶縁している。ここで、層間の絶縁層4、7を形成する方法を具体的に図2を使用して詳細に説明する。

#### 【0048】

工程1：スピコートにてワニスを半導体基板上に塗布

工程2：基板をホットプレートに載置し、80℃、1分間の熱処理

工程3：基板をホットプレートに載置し、200℃、1分間の熱処理

工程4：減圧雰囲気下、窒素雰囲気下、基板をホットプレートで加熱しつつ電子線照射処理を行い層間絶縁膜を形成

半導体基板上に、溶媒に膜材料もしくはその前駆体としてのポリメチルシロキサンを溶解させたワニスを、コーターを用いてスピコート塗布する（図2-11）。

#### 【0049】

次にこの基板を80℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（図2-12）。

#### 【0050】

続いてこの基板を200℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（図2-13）。

#### 【0051】

この工程2ないし工程3により、工程1で塗布した膜に含まれる溶媒を除去し、塗布膜を基板上に固定化する。その後、減圧雰囲気下でこの基板を400℃に保持したホットプレートに載置し、電子線照射を行い、層間絶縁膜を形成する（図2-14）。

#### 【0052】

この電子照射では基板を、窒素雰囲気下で200Torrの減圧下に載置し、電子線エネルギーが6 KeV、照射線量が500  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の電子線に暴露した。ここで、本実施例および以降に述べる実施例に使用した電子照射装置について図8を用いて説明する。



## 【 0 0 5 3 】

処理室21上部には電子発生部を備えた電子発生部22が少なくとも1個設置され、この電子発生部22は隔壁23により処理室21と隔離され、電子線26は隔壁を透過して処理室21内に導入される。処理室21下部には電子発生部22の対向する位置にホットプレート24が設置されている。

## 【 0 0 5 4 】

このホットプレート24上に塗布膜が形成された半導体基板25を載置し、半導体基板25に電子線26を所望の条件で照射する。ここで、ホットプレート24は図示されない制御装置に接続され、その制御装置によって、所望な温度に維持される。またホットプレート24を使用することにより、載置された半導体基板25は均一な温度で保持することができ、処理の均一性が図れる。

## 【 0 0 5 5 】

一方、すでに市販されている電子照射装置としては、例えば米国ハネウェル社のElectronCure(TM)装置がある。この装置の電子線源はプラズマであり、プラズマ中の電子をメッシュを介して基板処理室へ引き出しており、電子線発生部と処理室は常に同一雰囲気である。

## 【 0 0 5 6 】

そのため、電子線照射処理により被処理膜から有機成分を含有したガスが発生すると、放電領域の圧力が急変することにより電子線源が不安定になり、その結果電子線の均一な照射ができなくなってしまう。従って、焼成後の膜の特性、例えば、誘電率、機械的強度等にばらつきが生じる等の問題が発生する。

## 【 0 0 5 7 】

これに対して、本実施例に使用した電子照射装置は、電子線源である電子発生部22と被照射物（塗布膜が形成された半導体基板25）の間に隔壁23を設け、隔壁23を介して電子線26を照射することにより被照射物からの脱ガスによる影響を抑えることが可能となる。よって、電子発生部22から均一な電子線26の照射が可能になり、焼成後の膜の特性にばらつきがなくなる。

## 【 0 0 5 8 】

上記方法で形成された層間絶縁膜は原料に含まれる低分子量成分を脱水縮合で

架橋させることによって形成されるが、その反応時に膜収縮が起こり、これが成膜後の膜の残留応力となる。

【0059】

さらに従来のように熱処理工程のみによって膜形成を行う場合には、シリコン基板が熱膨張している状態で膜収縮が起っているため、この膜を室温まで冷却した場合には降温による基板の収縮が加わり、よって膜の残留応力はさらに大きくなる。上記のような残留応力が成膜中または後のクラック発生の起因の一つとなっている。従って、残留応力の低減のためには、工程4における加熱は、基板温度が500℃未満あることが望ましい。

【0060】

しかしながら、低温で【実施例1】と同様の短時間の電子線を照射しても脱水反応等の架橋反応が進まず、所望の機械的強度は得られなかった。従って、電子線照射と同時に進行される脱水反応等を効果的に促進するには少なくとも200℃以上の加熱温度が必要であることがわかった。

【0061】

以上のことにより本実施例では400℃を使用した。さらに工程4を行う際は、雰囲気中の酸素により塗布膜表面が酸化されないように、酸素濃度を0.05%以下に抑えた。例えば、酸素濃度が0.05%以下の窒素ガスまたは希ガスまたは窒素ガスと希ガスの混合ガスを電子線照射装置に導入して工程4を行った。

【0062】

また、上記方法での工程4に要した処理時間は約2分であり、加熱のみによる従来の形成方法の工程dで要した処理時間、30分に比べ、生産効率が大幅に改善された。

【0063】

上述した実施例により形成された層間絶縁膜の特性を以下に示す。

【0064】

まず、耐クラック膜圧について、従来の方法で形成した絶縁膜と上述した本発明の実施例の方法で形成した絶縁膜の比誘電率と耐クラック膜厚の関係を図1に示す。この図3において比誘電率は液状原材料中のメチル基濃度を調整して変化

させ、比誘電率は水銀プローブ法を用いて測定した。

【0065】

また図中の耐クラック膜厚は目視や光学顕微鏡でクラックの発生を観察した。図中の曲線aは従来の熱処理のみで絶縁膜を形成した場合であり、曲線bは本発明を使用して絶縁膜を形成した場合である。従来の形成方法では、比誘電率が約3.0以下で、急激に耐クラック膜厚が減少しているのに対して、本発明では比誘電率が3.0以下でも耐クラック膜厚はほとんど減少せず、低誘電率でも高い耐クラック膜厚を維持している。

【0066】

また耐クラック膜厚は各比誘電率に対して、従来例より本実施例の方が大きくなっている。つまり、本実施例の形成方法により、低誘電率で機械的強度が高い絶縁膜を得ることができ、特に比誘電率3.0以下ではその効果は顕著に現れることがわかった。

【0067】

次に、耐クラック膜厚と同様に絶縁膜の機械的強度を表わす指標として弾性率とクラック伝播速度とがあるが、これらについても従来と比較した。これらの要素についても、本実施例は従来よりも絶縁膜の機械的強度が向上していることがわかった。

【0068】

ここで、電子線照射線量と弾性率との関係を図4に示す。この弾性率はナノインデンテーション法を用いて測定した。本実施例では、図4より、電子照射性率が $500 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ の時、約7GPaであり、加熱のみによる従来の方法で形成された絶縁膜に比べ1.4倍も改善された。（但し、従来の弾性率の値は図4には示されていない。）

また膜厚とクラック伝播速度の関係を従来の方法と本発明の方法について図5に示す。このクラック伝播速度は膜の表面に傷をつけ、生じたクラックの長さとその時間を測定して計測した。本実施例では、図5に示されているとおり、約500Å厚の膜を形成した場合、クラック伝播速度は $0.01 \mu\text{m}/\text{hrrs.}$ であり、従来の方法で形成された膜に比べ5桁以上改善した。

【0069】

さらに、電子線照射により形成された絶縁膜の比誘電率の変化について、電子線照射量と比誘電率との関係を図6に示す。この時の電子照射条件は、実施例1と同じ条件で、電子線照射線量のみを変化させて比誘電率を測定した。

【0070】

比誘電率については、加熱のみによる従来の方法によって形成したポリメチルシロキサン膜に比べ、本発明の形成方法で形成されたポリメチルシロキサン膜の方が小さくなり、特に電子線照射線量が $500 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ より多いと急激に比誘電率が減少することがわかった。

【0071】

ここで、以下〔比較例〕と〔実施例1〕および従来例の方法によりそれぞれ形成された絶縁膜の膜構造の変化について考察する。

【0072】

〔比較例〕

〔実施例1〕と同様、工程1乃至工程3によりポリメチルシロキサン膜を半導体基板上に固定化し、その後、減圧雰囲気下でこの基板を室温（25℃）に保持したホットプレートに載置し、電子線照射を行い、層間絶縁膜を形成する、この電子線照射では基板を窒素雰囲気中で200 Torrの減圧雰囲気下で載置し、電子線エネルギーが6 keV、照射線量が $500 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ の電子線に暴露した。

【0073】

図7はそれぞれの方法で形成された絶縁膜のフーリエ変換赤外分光法（FT-IR）によるスペクトル強度を示している。図中の(a)は本発明の〔実施例1〕による方法で形成されたポリメチルシロキサン膜のFT-IRスペクトル、(b)は従来の熱処理のみの方法で形成されたポリメチルシロキサン膜のFT-IRスペクトル、(c)は〔比較例〕による方法で形成されたポリメチルシロキサン膜のFT-IRスペクトルをそれぞれ示す。

【0074】

図7より(a)と(c)において、波数が $1300 \text{ cm}^{-1}$ 周辺のSi-CH<sub>3</sub>結合のピーク強度が(b)のSi-CH<sub>3</sub>結合のピーク強度より小さくなっている。これは(a)と(c)の

電子線照射により分子中の $\text{CH}_3$ 基と主鎖の結合が切断されたことを示している。

【0075】

また、(b)では、波数が $1050\text{ cm}^{-1}$ および $1150\text{ cm}^{-1}$ 周辺で $\text{Si-O}$ 結合のピーク強度の分離が顕著であり、これは直鎖状の $\text{Si-O}$ 結合があることを示している。それに対して電子線照射した(a)と(c)では $\text{Si-O}$ 結合のピーク強度の分離はなだらかになっており、これは、直鎖状の結合が崩され、複雑な $\text{Si-O}$ 結合をしていることを示している。

【0076】

さらに(c)では、波長が $3500\text{ cm}^{-1}$ 付近の $\text{H}_2\text{O}$ および $980\text{ cm}^{-1}$ 付近の $\text{Si-OH}$ 結合による大きなピークが現れていることが、他の(a)、(b)ではそれら波数の付近ではピーク強度はほとんど見られない。

【0077】

これらにより、(c)電子線照射のみで膜を形成した場合（〔比較例〕の場合）、電子線照射により形成された主鎖のダングリングボンドに $\text{OH}$ 基が結合し、十分な脱水反応が行われないために膜の中に多くの $\text{Si-OH}$ 結合および $\text{H}_2\text{O}$ が残存するものと考えられる。

【0078】

つまり(c)の形成方法では、 $\text{CH}_3$ の切断は電子線照射により促進されるものの、その主鎖のダングリングボンドに $\text{OH}$ 基等が接合してしまい、脱水反応が効果的に起こらない。そのため、膜内に強固なネットワークが形成されないので、十分な機械的強度が得られなかったと考えられる。

【0079】

一方、本発明の〔実施例1〕の(a)では、波長が $3500\text{ cm}^{-1}$ 付近に $\text{H}_2\text{O}$ および $980\text{ cm}^{-1}$ 付近の $\text{Si-OH}$ 結合によるピークは見られない。つまり、電子照射時に熱処理工程を同時に行うことによって、分子中の $\text{CH}_3$ 基と主鎖の結合が切断され、ダングリングボンドが形成されるとともに、脱水反応が熱処理によって効果的に起こることにより、ダングリングボンドには $\text{OH}$ 基が結合されず、他の分子、基との結合がおこる。

【0080】

よって、強固なネットワークを形成でき、十分な機械的強度が得られたと考えられる。ここで (a)、(b)、(c) について、各 Si-O 結合を FT-IR スペクトルのピーク強度の面積を 1 とした場合のそれぞれの Si-CH<sub>3</sub> 結合、Si-OH 結合、H<sub>2</sub>O の面積比を以下の [表 1] に示す。

【0081】

【表 1】

	結合	Si-O	Si-CH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Si-OH
	波数 [cm <sup>-1</sup> ]	1050 1150	1300	980	3500
(a)	本発明(実施例 1) 電子照射+熱処理	1	0.03	0.00	0.00
(b)	従来例 熱処理のみ	1	0.04	0.00	0.00
(c)	比較例 電子照射のみ	1	0.02	0.04	0.48

【0082】

[表 1] から (c) (比較例) では、従来でも見られなかった Si-OH 結合、および H<sub>2</sub>O が多く見られ、他の方法に比べ、膜全体の OH 基の結合、H<sub>2</sub>O の割合が増加していることがわかる。これらの結合の増加により、十分な架橋反応が行われなかったため、(c) では機械的強度が低くなったと考えられる。

【0083】

また、(a) の場合において、Si-OH 結合、H<sub>2</sub>O が膜中にほとんど見られないため、加熱による脱水反応等の架橋反応が効果的に行われたことがわかる。

【0084】

しかし、さらに架橋反応を進めるために、電子線照射量等を増やしてしまうと、Si-CH<sub>3</sub> の結合のスペクトル強度がさらに減少してしまい、単なる酸化膜シリコンになってしまう。そのため機械的強度があっても、低誘電率の膜ではなくなってしまう可能性がある。

【0085】

よって、この Si-CH<sub>3</sub> の結合のスペクトル強度面積は少なくとも、0.01 以上なくてはならないことがわかった。従って、本実施例のように電子線照射と熱処理をうまく組み合わせることにより、分子鎖の切断と再架橋、及び脱水縮合が効果的

に行われ、機械強度の高いかつ低誘電率をもつ絶縁膜を得ることができる。

【0086】

[実施例2]

本発明を用いた層間絶縁膜の形成方法について、第2の実施例を以下に示す。

【0087】

工程1：スピンコートにてワニスを半導体基板上に塗布

工程2：基板をホットプレートに載置し、80℃、1分間の熱処理

工程3：基板をホットプレートに載置し、200℃、1分間の熱処理

工程4：大気圧下、窒素雰囲気で基板をホットプレートで加熱しつつ

電子線照射処理を行い層間絶縁膜を形成

半導体基板上に、溶媒に膜材料もしくはその前駆体としてのポリメチルシロキサンを溶解させたワニスを、コーターを用いてスピンコート塗布する（工程1）。次にこの基板を80℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（工程2）。続いてこの基板を200℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（工程3）。

【0088】

この工程2ないし工程3により、工程1で塗布した膜に含まれる溶媒を除去し、塗布膜を基板上に固定化する。その後、大気圧下でこの基板を400℃に保持したホットプレートに載置し、電子線照射を行い、層間絶縁膜を形成する（工程4）。この電子線照射では上記基板を、窒素雰囲気で780Torrの大気圧下に載置し、電子線エネルギーが6 KeV、照射線量が $100 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ の電子線に暴露した。

【0089】

上記方法の工程4で要した処理時間は約30秒であり、加熱のみによる従来の形成方法の工程dでは30分要していたのに比べ、生産効率が大幅に改善された。

[実施例1]の工程4の場合と同様の理由により、工程4を行う際は酸素濃度を0.05%以下に抑えた大気圧または減圧雰囲気が望ましい。

【0090】

さらに【実施例1】の工程4の場合と同様の理由により、工程4における加熱は、基板温度が200℃以上500℃未満であることが望ましい。上述した実施例により形成された絶縁膜の特性を以下に示す。

## 【0091】

基本的には、本実施例の形成方法で形成された層間絶縁膜は【実施例1】と同様の効果が得られた。

## 【0092】

さらに、第2の実施例で形成された絶縁膜の特性では、上記条件で処理を行った結果、弾性率が約10GPaの膜が得られ、加熱のみによる従来の方法で形成された膜に比べ約2倍ほど改善された。

## 【0093】

また上記の形成方法によって形成したポリメチルシロキサン膜の比誘電率は、加熱のみによる従来の方法によって形成したポリメチルシロキサン膜と同程度であった。

## 【0094】

また、加熱のみによる従来の成膜方法では、耐クラック膜厚が12000Åであったのに対し、上記の形成方法では、13000Å以上の耐クラック膜厚をもつ膜が得られた。さらに、クラックの伝播速度に関しても、加熱のみによる従来の成膜方法に比べ1桁から2桁の改善が見られた。

## 【0095】

## 【実施例3】

本発明を用いた層間絶縁膜の形成方法による第3の実施例を以下に示す。

## 【0096】

工程1：スピンコートにてワニスを半導体基板上に塗布

工程2：減圧雰囲気下、窒素雰囲気下で基板をホットプレートで加熱し

つつ電子線照射処理を行い層間絶縁膜を形成

半導体基板上に、溶媒に膜材料もしくはその前駆体としてのポリメチルシロキサンを溶解させたワニスを、コーターを用いてスピンコート塗布する（工程1）。次に、減圧雰囲気下でこの基板を400℃に保持したホットプレートに載置し、



電子線照射を行い、層間絶縁膜を形成する（工程2）。この電子照射では上記基板を、窒素雰囲気中で780Torrの大気圧下に載置し、電子線エネルギーが6KeV、照射線量が500 $\mu$ C/cm<sup>2</sup>の電子線に暴露した。

【0097】

ここで、【実施例1】の工程4の場合と同様の理由により、工程2を行う際は酸素濃度を0.05%以下に抑えた大気圧または減圧雰囲気が望ましい。さらに【実施例1】の工程4の場合と同様の理由により、工程2における加熱は、基板温度が200℃以上500℃未満であることが望ましい。

【0098】

本実施例の形成方法で形成された層間絶縁膜は実施例1と同様の効果が得られた。

【0099】

上記の形成方法によって形成したポリメチルシロキサン膜は、【実施例1】で示したものと同様の効果が得られた。また生産効率に関しても、工程数の削減により【実施例1】で示した以上の改善が見られた。

【0100】

【実施例4】

本発明を用いた層間絶縁膜の形成方法の第4の実施例を以下に示す。

【0101】

工程1：スピンコートにてワニスを半導体基板上に塗布

工程2：基板をホットプレートに載置し、80℃、1分間の熱処理

工程3：基板をホットプレートに載置し、200℃、1分間の熱処理

工程4：大気圧下、窒素雰囲気中で基板をホットプレートで加熱しつつ

電子線照射処理を行い層間絶縁膜を形成

工程5：400℃、約2分間の熱処理

半導体基板上に、溶媒に膜材料もしくはその前駆体としてのポリメチルシロキサンを溶解させたワニスを、コーターを用いてスピンコート塗布する（工程1）

## 【0102】

次にこの基板を80℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（工程2）。

## 【0103】

続いてこの基板を200℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う（工程3）。この工程2ないし工程3により、工程1で塗布した膜に含まれる溶媒を除去し、塗布膜を基板上に固定化する。

## 【0104】

その後、大気圧下でこの基板を200℃に保持したホットプレート上に載置し、電子線照射を行い、層間絶縁膜を形成する（工程4）。この電子照射では上記基板を、窒素雰囲気中で780Torrの大気圧下に載置し、電子線エネルギーが6 KeV、照射線量が50  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の電子線に暴露した。

## 【0105】

さらにこの基板を400℃に保持したホットプレート上に載置し約2分間熱処理を行い、層間絶縁膜を形成する（工程5）。

## 【0106】

【実施例1】の工程4の場合と同様の理由により、工程4における加熱は、基板温度が200℃以上500℃未満であることが望ましい。さらに工程5における熱処理温度は、工程4における加熱温度と同じか、もしくはより高温である場合が有効であった。

## 【0107】

さらに工程4における処理時間と同程度かそれより長い場合が効果的であった。【実施例1】の工程4の場合と同様の理由により、工程4および工程5を行う際は酸素濃度を0.05%以下に抑えた大気圧または減圧雰囲気が望ましい。

## 【0108】

上記の形成方法によって形成したポリメチルシロキサン膜の特性としては、【実施例1】で示したものと同様の効果が得られた。さらに工程5の熱処理工程により、工程4での電子線照射による半導体素子のゲート絶縁膜に入ったダメージ

等を回復でき、半導体装置のリーク電流や閾値電圧に対するダメージが改善された。

【 0 1 0 9 】

上記方法工程 4 で要した処理時間は約 10 秒で、工程 5 で要した処理時間は約 2 分であり、加熱のみによる従来の形成方法で 30 分要していたのに比べ、生産効率が改善された。

【 0 1 1 0 】

[ 実施例 5 ]

本発明を用いた層間絶縁膜の形成方法の第 5 の実施例を以下に示す。

【 0 1 1 1 】

工程 1 : スピンコートにてワニスを半導体基板上に塗布

工程 2 : 大気圧下、窒素雰囲気中で、基板をホットプレートで加熱しつつ電子線照射処理を行い層間絶縁膜を形成

工程 3 : 400℃、約 2 分間の熱処理

半導体基板上に、溶媒に膜材料もしくはその前駆体としてのポリメチルシロキサンを溶解させたワニスを、コーターを用いてスピンコート塗布する ( 工程 1 )

。

【 0 1 1 2 】

その後、大気圧下でこの基板を 2 0 0 ℃ に保持したホットプレートに載置し、電子線照射を行い、層間絶縁膜を形成する ( 工程 2 ) 。

【 0 1 1 3 】

この電子線照射では上記基板を、窒素雰囲気中で 780 Torr の大気圧下に載置し、電子線エネルギーが 6 KeV、照射線量が 5 0  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  の電子線に暴露した。さらにこの基板を 4 0 0 ℃ に保持したホットプレート上に載置し約 2 分間熱処理を行い、層間絶縁膜を形成する ( 工程 3 )

[ 実施例 1 ] の工程 4 の場合と同様の理由により、工程 2 における加熱は、基板温度が 200℃ 以上 500℃ 未満であることが望ましい。また工程 3 における熱処理温度は、工程 2 における加熱温度と同じか、もしくはより高温である場合が有効であった。さらに工程 2 における処理時間と同程度かそれより長い場合が効果的

であった。

【0114】

〔実施例1〕の工程4の場合と同様の理由により、工程2および工程3を行う際は、酸素濃度を0.05%以下に抑えた大気圧または減圧雰囲気望ましい。

【0115】

上記の形成方法によって形成したポリメチルシロキサン膜の特性としては、〔実施例1〕で示したものと同様の効果が得られた。さらに〔実施例4〕と同様に工程3の熱処理工程により、電子線照射による半導体装置のリーク電流や閾値電圧に対するダメージが改善された。また生産効率に関しても、工程数の削減により〔実施例4〕で示した以上の改善が見られた。

【0116】

上述した実施例の方法では形成される層間絶縁膜の例としてポリメチルシロキサン膜を挙げたが、本発明に使用される膜材料もしくはその前駆体はポリメチルシロキサンに限らず、膜中にSi-C結合（一般的にはSi-CH<sub>3</sub>結合）持つ塗布有機シリコン酸化膜（SOG）、有機膜もしくは膜塗布後熱等により硬化し、絶縁化されるものであれば、特に限定されない。

【0117】

また実施例ではワニスの塗布法として、回転塗布法を用いたが、スキャン塗布法等の別の塗布方法を用いても構わない。

【0118】

さらに実施例では、本発明の方法で形成された絶縁膜を層間絶縁膜に用いたが、本発明の目的を逸脱しない範囲で、その他の絶縁膜、例えば、ゲート絶縁膜等にも適用できる。もちろん、上述した実施例のシーケンスの他に塗布膜の種類および用途により、必要に応じ熱処理工程と電子線照射処理工程を加える順番、処理回数、処理条件を適宜選択して膜形成工程とすることができる。

【0119】

処理条件では、電子線照射工程については、電子線のエネルギー、照射線量、雰囲気、照射時の基板温度を適宜選択し処理できる。さらに実施例において電子線のエネルギー、照射線量は電子照射工程において一定であったが、膜厚や所望

の絶縁膜の用件によってはこれらを電子照射工程中に変化させて処理することもできる。さらに熱処理工程についても、温度、処理時間、雰囲気など、を適宜選択し処理を行うことができる。

【 0 1 2 0 】

【発明の効果】

本発明の絶縁膜の形成方法により、低誘電率膜で機械強度の高い絶縁膜及びその絶縁膜を有する半導体装置を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図。

【図 2】 本発明の第 1 の実施例における層間絶縁膜の形成方法の各工程を示すフローチャート。

【図 3】 熱処理のみによる従来例の形成方法と本発明による絶縁膜の形成方法により形成された各絶縁膜のクラック耐膜厚と比誘電率との関係を示す特性図。

【図 4】 本発明により形成された絶縁膜の電子線照射量と弾性率の関係を示す特性図。

【図 5】 熱処理のみによる従来例の形成方法と本発明による絶縁膜の形成方法により形成された各絶縁膜の膜厚とクラック伝播速度の関係を示す特性図。

【図 6】 本発明により形成された絶縁膜の電子線照射量と比誘電率の関係を示す特性図。

【図 7】 熱処理のみ、比較例、及び本発明による絶縁膜の形成方法により形成された絶縁膜の FT-IR スペクトルプロット図。

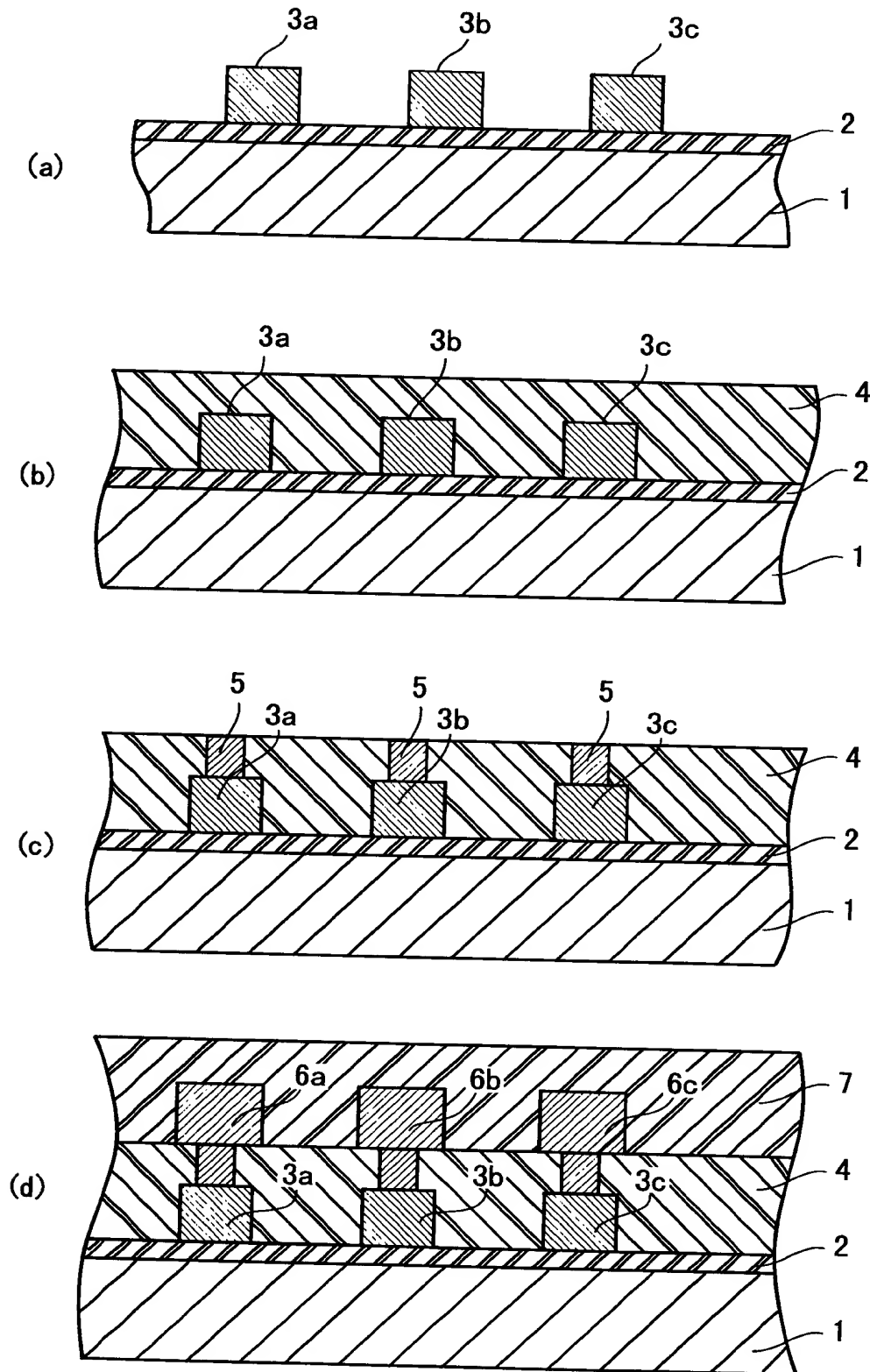
【図 8】 本発明に使用した電子照射装置の概略図。

【符号の説明】

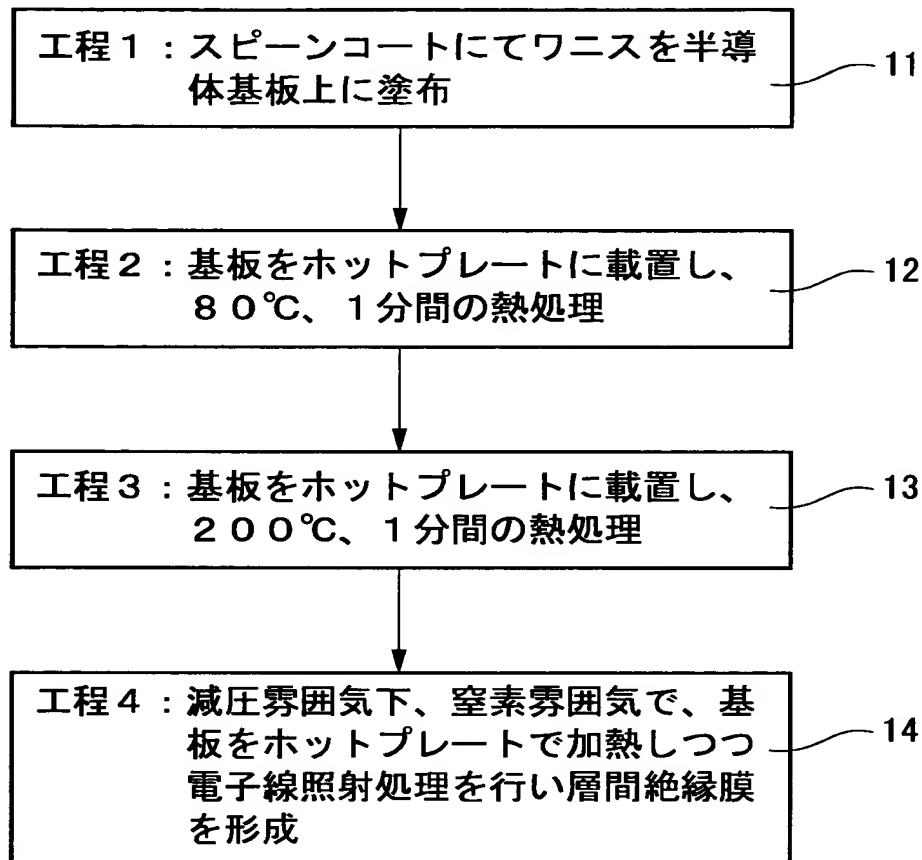
- 1 … 半導体基板、 2 … 下地絶縁膜、 3 a、 3 b、 3 c … 第 1 の配線、
- 4 … 絶縁膜、 5 … 層間配線、 6 a、 6 b、 6 c … 第 2 の配線、
- 7 … 絶縁膜、
- 2 1 … 処理室、 2 2 … 電子発生部、 2 3 … 隔壁、 2 4 … ホットプレート、
- 2 5 … 半導体基板、 2 6 … 電子線

【書類名】 図面

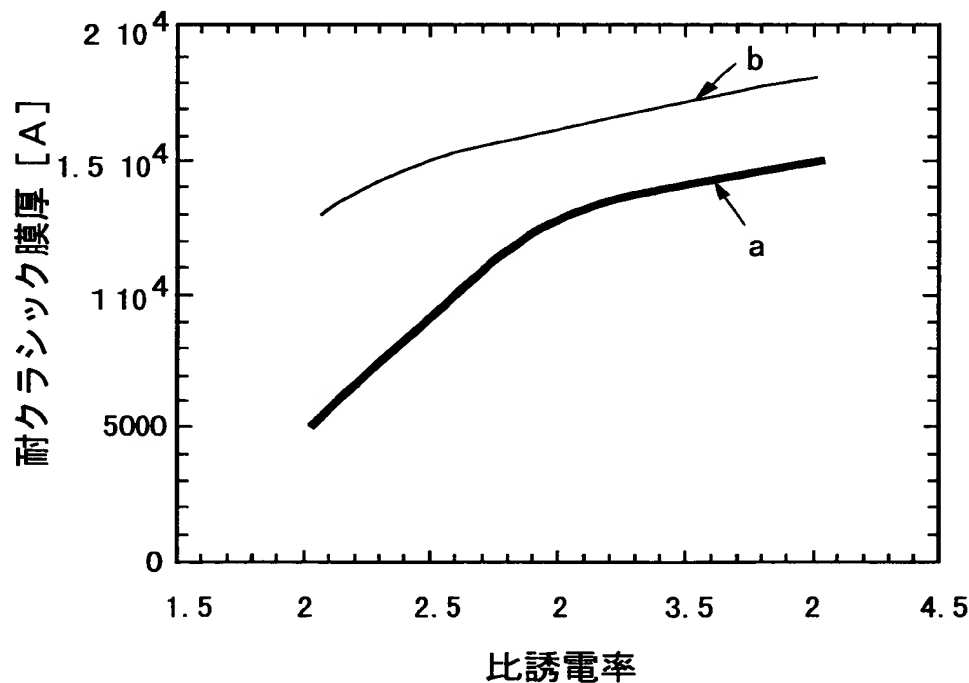
【図 1】



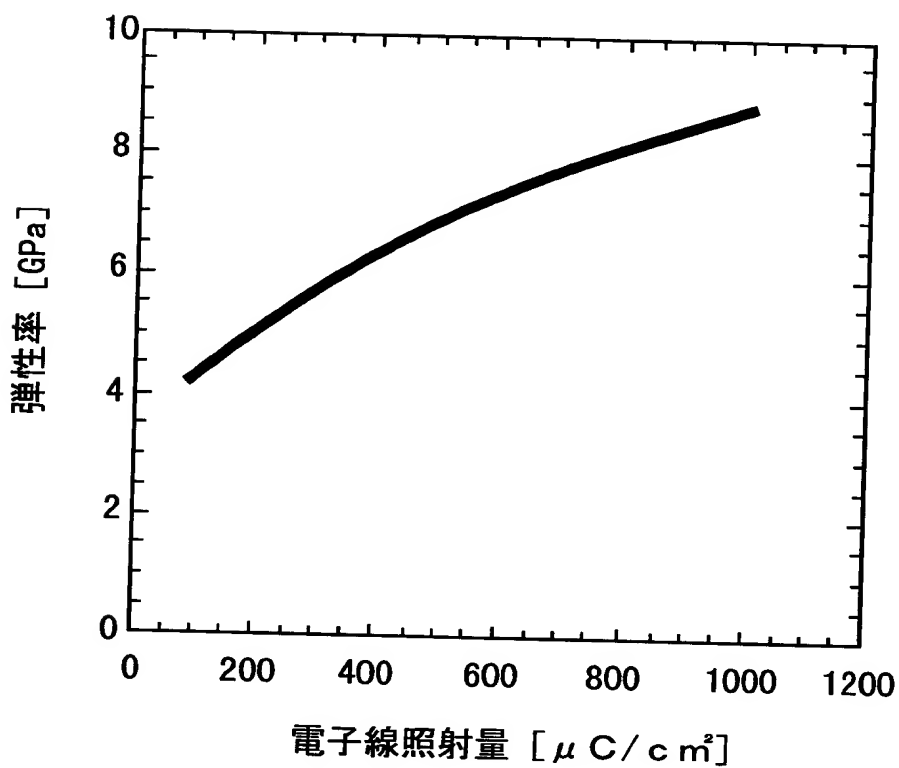
【図 2】



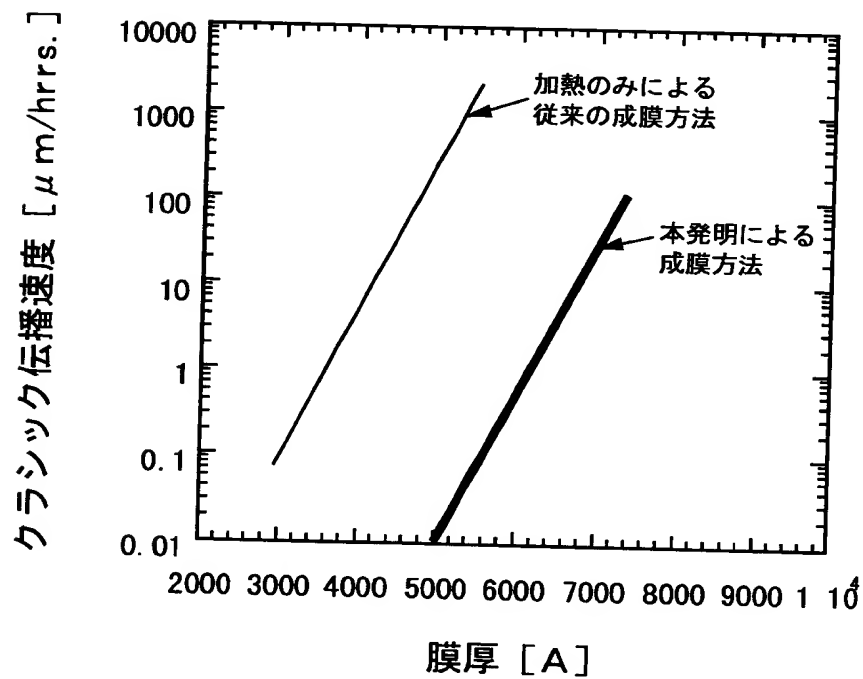
【図 3】



【図4】

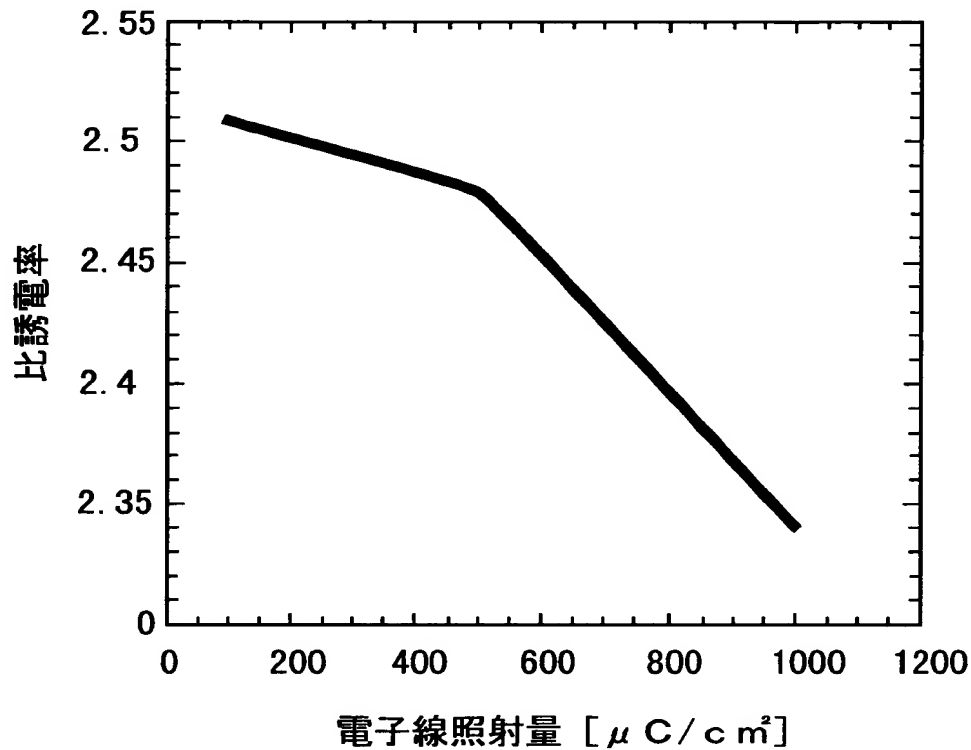


【図5】

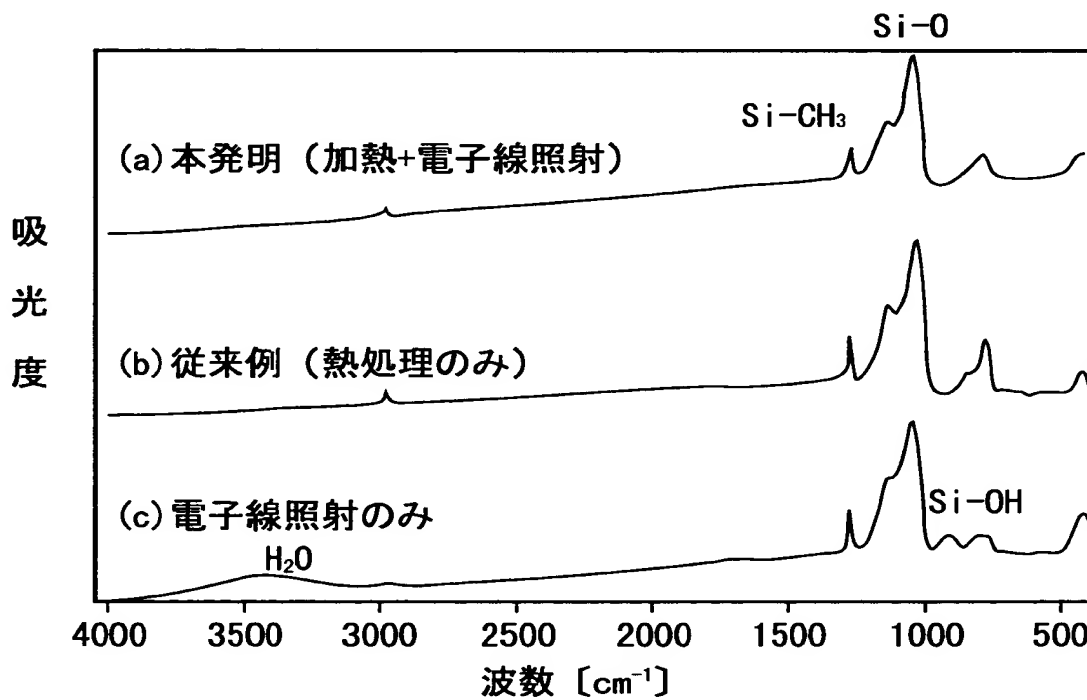




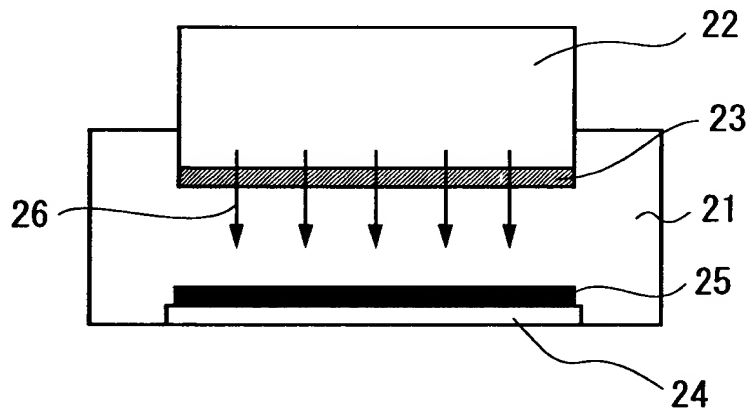
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】本発明の目的は、低誘電率膜でかつ、機械的強度が高い絶縁膜の形成方法およびその絶縁膜を使用した半導体装置とその製造方法を提供することにある。

【解決手段】半導体基板上に、溶媒に膜材料もしくはその前駆体としてのポリメチルシロキサンを溶解させたワニス、コーターを用いてスピコート塗布し、次にこの基板を80℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行う。続いてこの基板を200℃に保持したホットプレート上に載置し1分間の熱処理を行い、その後、減圧雰囲気下でこの基板を400℃に保持したホットプレートに載置し、電子線照射を行い、層間絶縁膜を形成する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-320680
受付番号	50001358034
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年10月23日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年10月20日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝